Aus dem Strahleninstitut (Prof. Dr. Voltz) der Universitäts-Frauenklinik München (Vorstand: Prof. Dr. H. Eymer) und dem zahnärztlichen Institut der Universität München (Vorstand: Prof. Dr. P. P. Kranz)

Strahlenschädigungen der Zähne

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät der Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Otto Adam

München
Universitäts-Buchdruckerei Dr. C. Wolf & Sohn

Aus dem Strahleninstitut (Prof. Dr. Voltz) der Universitäts-Frauenklinik München (Vorstand: Prof. Dr. H. Eymer) und dem zahnärztlichen Institut der Universität München (Vorstand: Prof. Dr. P. P. Kranz)

Strahlenschädigungen der Zähne

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät der Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Otto Adam

München

Universitäts-Buchdruckerei Dr. C. Wolf & Sohn

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Referent:
Prof. Dr. Kranz

Derz. Dekan:
Prof. Dr. Broemser

Tag der mündlichen Prüfung:
20. Januar 1938

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

INHALT

Seite

Einleitung 5

1. Entwicklung der Röntgenkunde 5

2. Allgemeine Übersicht über die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen 6

3. Allgemeine Schädigungen durch Röntgenstrahlen . . 9

4. Dosimetrie und Bestrahlungstechnik 11

5. Spezieller Teil. Strahlenschädigung der Zähne . . . 14

6. Zusammenfassung 29

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen durch Conrad Wilhelm *Röntgen* (1895) bedeutet besonders für die Entwicklung in der Medizin ein hervorragendes Ereignis. Die ersten Mitteilungen *Röntgens* „Eine neue Art von Strahlen" stammen aus Würzburg vom Jahre 1895. Hiermit war ein großer Fortschritt für die Medizin gegeben, der sich sowohl diagnostisch als auch therapeutisch bemerkbar machte.

Die Tatsache, daß der Spezialist auf Grund seiner Fachkenntnisse eher die therapeutischen Anwendungsmöglichkeiten der Röntgenstrahlen in dem jeweiligen Spezialgebiet prüfen kann, läßt es verstehen, daß der Anwendungsbereich der Röntgentherapie in der gesamten Heilkunde nicht nur den Forschungen und Versuchen der Röntgenologen, sondern auch der Mitarbeit der Vertreter der einzelnen Spezialfächer zu verdanken ist.

Bald, nachdem die ärztliche Wissenschaft die Eigenschaften der Röntgenstrahlen sich zu diagnostischen sowie therapeutischen Maßnahmen nutzbar machte (1896) hören wir auch schon vereinzelt in Fachblättern und Beschreibungen von Strahlenschädigungen.

Es darf vor allem nicht erstaunlich sein, daß gerade auf dem Gebiete der Zahn- und Mundkrankheiten anfänglich nur vereinzelte Mitteilungen über Versuche von röntgen-therapeutischer Beeinflussung vorliegen und somit auch von den Schäden durch dieselben.

Diese Tatsache ist sicher begründet durch den komplizierten anatomischen Aufbau der Mundhöhle und durch die Nachbarschaft lebenswichtiger Organe.

Bevor ich aber beginne, über die Schädigungen zu berichten, möchte ich es doch nicht unterlassen, einiges über den Werdegang der Bestrahlungstechnik und der damit verbundenen Schwierigkeiten zu berichten. Ebenso über die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen, sowie über die Dosimetrie. Sicherlich mußte man sich mit großer Arbeit daran machen, die richtige Dosimetrie herauszuarbeiten, um ein günstiges Ergebnis zu erzielen.

Daß üble Zufälle in den ersten Jahren nicht ausblieben, soll ein Teil der Fälle im Laufe meiner Arbeit über Röntgenschädigungen der Zähne bei Bestrahlten angeben.

Man hat sich aber im Laufe der Zeit die nötigen Erfahrungen gesammelt, um diesen Nebenschädigungen entgegentreten zu können. Denn jeder praktizierende Arzt oder Facharzt muß sich immer der Verantwortung seines Berufes bewußt sein und sich Rechenschaft über das von ihm angewendete Medikament oder Heilmethode ablegen, ob die nötige Sorgfalt in der Dosierung der Mittel gewaltet und ihre Anwendung nicht mehr geschadet als genützt hat.

Das Arbeiten mit Röntgenstrahlen in Diagnostik und Therapie erfordert wegen der Gefahr von Schäden bei Kranken und für den Bestrahler ein ganz besonders hohes Maß von Verantwortung. Denn man hat doch schon gesehen, daß kurze Zeit darauf, nachdem sich die ärztliche Wissenschaft die Eigenschaften der Röntgenstrahlen dienstbar zu machen suchte, Veränderungen durch längere Einwirkung der Strahlen beobachtet wurden.

Für die Vermeidung der Gefahren bei Röntgenstrahlen waren staatliche Schutzvorschriften notwendig. Als richtungsanweisend werden die von der Internationalen Kommission für Röntgen- und Radiumstrahlenschutz anläßlich des IV. Internationalen Radiologenkongresses am 26. Juli 1934 in Zürich aufgestellten „Internationalen Richtlinien zum Schutz gegen Röntgen- und Radiumstrahlen" angesehen.

Allgemeine Übersicht über die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen.

Die Röntgentherapie hat eine stürmische Entwicklung durchgemacht, ohne daß diese jetzt schon abgeschlossen wäre. Schon im ersten Jahr der Röntgenstrahlenentdeckung stellte man eine biologische Wirkung fest, was den Anstoß zur therapeutischen Verwendung gab. Enttäuschung und Rückschlag blieben nicht aus. Übertriebene Hoffnungen erfüllen sich nicht und unzweckmäßige Anwendung der Röntgenstrahlen, infolge mangelhafter physikalischer und biologischer Kenntnisse, sind vielfach geeignet, das in

das neue Heilmittel gesetzte Vertrauen zu erschüttern. Die Frage über das Wesen der Röntgenstrahlen beschäftigt daher unaufhörlich Ärzte, Biologen und Physiker und läßt so im Laufe der Zeit eine Reihe von Hypothesen und Ansichten entstehen. Es ist noch vieles unklar, aber ungeheures Material an positiven und negativen Untersuchungsergebnissen hat schon in mancher Frage Klärung geschaffen, oder aber es liegt in diesen Ergebnissen Material für eine später erst mögliche Synthese bereit.

Wie die sichtbaren Lichtstrahlen, die Wärme- oder Radiumstrahlen sind die Röntgenstrahlen elektromagntische Schwingungen. Ein Unterschied diesen gegenüber besteht nur in der Schwingungsfrequenz, die bei Röntgenstrahlen viel größer ist, oder was dasselbe besagt, die Wellenlänge ist erheblich kürzer. Röntgenröhren, wie sie die Medizin verwendet, senden nie Röntgenstrahlen einer bestimmten Wellenlänge aus, sondern Strahlenbündel verschiedener Wellenlänge. Strahlen stellen Energieträger dar, also müssen die im bestrahlten Körper absorbierten Strahlen eine Wirkung ausüben. Der Grad der Absorption ist abhängig einerseits von der Qualität (der Härte), C.A.-Strahlen, andererseits von der Dichte, Dicke und Zusammensetzung des bestrahlten Organismus. Die Umsetzung dieser absorbierten Strahlenenergie beim Durchgang durch die bestrahlte Stelle ist es, die nun Änderungen (biologische Wirkungen) hervorbringt. Man vertritt nun heute den Standpunkt, daß die biologischen Röntgenstrahlenwirkungen durch die Abspaltung von Elektronen aus den Atomen der bestrahlten Zelle entstehen. Strahlenenergie wird also in Elektronenenergie umgesetzt, diese mit Beta- oder Kathodenstrahlen identischen freien Elektronen werden auch „Corpuscularstrahlen" genannt. Man kann die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen also einer Wirkung der Elektronen auf die Zelle gleichsetzen. Diese biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen sind chemische oder physikalische Elementarprozesse, die sich erst nach einer Reihe komplizierter, meist noch unerforschter Reaktionen manifestieren und entwickeln. Je nach Art der beobachteten Reaktionen und des bestrahlten Objektes verstreicht zwischen Strahleneinwirkung und Manifest-Werden der Reaktionen

eine verschieden lange Zeit (Latenzzeit). Sie kann Minuten, Stunden, Tage, Wochen und Monate betragen.

Man hat um möglichst einfache, leicht zu übersehende Versuchsbedingungen zu schaffen, die Wirkungen der Röntgenstrahlen an Einzellern und andern einfachen biologischen Objekten studiert. Auf Grund solcher Versuche und anderer Erfahrungen hat man die spezifische Strahlenempfindlichkeit einzelner Zellen und Gewebsarten ungefähr folgendermaßen eingeteilt:

Stark strahlenempfindlich sind:
Keimdrüsen, blutbildende Organe, Leuko- und Lymphozyten, Blutplättchen und wachsender Knorpel. (Wahrscheinlich auf Grund ihrer großen Zellsensibilität.)

Gesteigert strahlenempfindlich:
Schleimhaut, Speichel- und Schweißdrüsen und Haarpapillen.

Mittelempfindlich:
äußere Haut (bei Kindern 20—40 % empfindlich).

Wenig empfindlich:
Muskeln, Knochen, Bindegewebe, Fettgewebe, ruhende Knorpel, Gefäße (ausgenommen Intima), Augen und Zähne.

In voll ausgebildetem Zustand sind die Zähne sehr strahlenresistent. Das wachsende Zahngewebe hingegen ist sehr strahlenempfindlich.

Durch Schädigungen der Odontoblasten kommt es zu schweren Wachstumsstörungen *(Leist)*. Das Periost der Kiefer gehört ebenfalls zu den strahlenempfindlichen Gebilden und reagiert bei Überdosierung mit Nekrosen. Dies ist bei der zahnärztlichen Strahlentherapie (eitrige Periodontitis, Subperiostalabszesse, Granulome, Alveolarpyorrhoe usw.) zu beachten. Die hier üblicherweise angewandten Dosen von etwa 300 r werden aber in der Regel anstandslos vertragen. *(Berven, Fried, Knetschaurek, Posch, Pordes)*.

Als Grundlage der biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen im Gewebe ist die Empfindlichkeit und Beeinflußbarkeit der Zelle anzusprechen. Um eine Erholung der Zelle nach der Bestrahlung zu vermeiden, ist es notwendig, daß in einer Bestrahlung dieselbe

Zelle durch wiederholte Elektronenstöße eine „tödliche Trefferzahl" erhält und nicht nur geschädigt wird.

Die höchste Sensibilität weisen Zellen auf, die sich im Zustand lebhafter Proliferation und gesteigerter Funktion befinden, also Gewebe, die mit Kernteilungsfiguren voll gepfropft sind.

Als Angriffspunkt der Röntgenstrahlen sind in der Hauptsache die Zellkerne anzusehen, da sich hier nach der diesbezüglichen Theorie am ersten die Schädigungen der Zelle dokumentieren, wie auch histologische Untersuchungen schon ergeben haben.

Die Untersuchungen über die Abhängigkeit der biologischen Wirkungen von der Wellenlänge haben im allgemeinen übereinstimmend eine größere biologische Wirksamkeit der weichen Strahlen ergeben. Obwohl also harte und weiche Strahlen zwei verschiedene Medikamente darstellen, glaubt man, daß die in der heutigen Strahlentherapie in Betracht kommenden Strahlenqualitäten einen solchen Unterschied noch nicht erkennen lassen. Gleichgültig aber ist es für die biologisehcn Wirkungen der Röntgenstrahlen nicht, wie man die zeitliche Anordnung der Bestrahlung vornimmt, da die Art der zeitlichen Verteilung für die biologischen Effekte und damit für die praktische Röntgentherapie eine außerordentliche Rolle spielt. Es hat sich ergeben, daß eine einmalige Bestrahlung mit Volldosis einen unzweifelhaft größeren Effekt zur Folge hat, als mehrere Bestrahlungen auf geringer Inklusivität.

Allgemeine Schädigungen durch Röntgenstrahlen.

Den zunehmenden therapeutischen Erfolgen steht heute eine verschwindend geringe Zahl schwerer Röntgenschädigungen des Patienten sowie des Arztes gegenüber. Mit der Zunahme des Anwendungsgebietes der Röntgenstrahlen hat auch die Vervollkommnung des Apparatenbaues gleichen Schritt gehalten. Durch Filterungen und Sicherungen aller Art ist man heute einwandfrei in der Lage, exakte Dosen von den kleinsten bis zu den großen zu geben. Dies schließt jedoch nicht aus, daß man die Erfahrungen über die biologischen Wirkungen und Gesetze der Röntgenstrahlen nicht mehr, in gleichem Maße beachten müßte. Es heißt vielmehr, daß in

der Hand des Bestrahlungskundigen die Röntgenstrahlen heute ein sicheres, aber auch unschädliches Heilmittel bedeuten sollten.

Es sind zwei Hauptfaktoren, die bei der Wirkung der Röntgenstrahlen auf das lebende Gewebe immer zu beachten sind:

1. Es ist nicht jede Zelle gegen Röntgenstrahlen gleich stark empfindlich.
2. Es kommt auf die Menge der von den Zellen absorbierten Strahlen an.

Bei Bestrahlungen wie sie im Rahmen dieser Arbeit interessieren, ist insbesondere die große Strahlenempfindlichkeit der zahlreichen umgebenden Drüsen, die Mundschleimhaut, sowie der Gefäß- und Lymphapparat zu beachten. Die Gefahr einer Röntgenverbrennung ist jedoch sehr gering, da die für die Zahnheilkunde in Frage kommenden Strahlenmengen verhältnismäßig klein sind.

Bevor aber von Zahnschädigungen etwas zu bemerken ist, stellen sich meist vorher andere Schädigungen ein, die wir rechtzeitig erkennen müssen. Es sind dies die Früh- und Vorreaktionen an der normalen Haut oder Schleimhaut, die zu den ersten Folge- bzw. Begleiterscheinungen der Röntgenbehandlung (schädlich) zu rechnen sind.

Die Frühreaktion tritt im allgemeinen noch am Tage der Bestrahlung auf, um in zwei Tagen schon wieder zu verschwinden. Als Grund ist eine Hyperaämie oder ein kurzes Ödem im bestrahlten Gebiete anzusehen. Rötung und leichte Schwellung der bestrahlten Haut mit leichtem Juckreiz ist meist ihr Symptom. An der Mundschleimhaut ist manchmal ein Belag oder ein kleiner Epitheleffekt und Rhagadenbildung (Lippe) zu beobachten. Bei etwas stärkeren Strahlenqualitäten kann es auf der Haut zu Erscheinungen, wie Hautpigmentierung, vorübergehendem Haarausfall, Hitzegefühl, Spannung und Schmerzen kommen. Das auftretende Erythem geht nach etwa vier Wochen zurück, es tritt eine Hautabschuppung ein. Der Normalzustand wird in etwa 6—8 Wochen erreicht. Lästig ist ein manchmal zu beobachtendes Spannungs- und Trockenheitsgefühl des Mundes, da oft eine Mitbestrahlung der radiosensiblen Schleim- und Speicheldrüsen sich nicht umgehen läßt.

Dieser unangenehme mit Geschmacksstörungen verbundene, durch verminderte Funktion hervorgerufene quälende Zustand kann oft tage- oder wochenlang anhalten.

Eine Röntgenverbrennung mit Blasen- und Borkenbildung wird wohl praktisch kaum mehr vorkommen. Sie tritt nach 8—14 Tagen ein und dann wenn die verabreichte Strahlenqualität beträchtlich über die Hauterythem-Dosis = Hauteinheitsdosis = 1 HED. hinausgeht. Sie muß mindestens 120 % der HED. betragen. Heftige Schmerzen, starke Rötung und folgende Blasenbildung zeichnen sie aus.

Dosimetrie und Bestrahlungstechnik.

Um die Röntgenstrahlen gleich einem Medikament zur Anwendung zu bringen, ist eine Dosierbarkeit ihres Effektes unbedingte Voraussetzung. Die Röntgentherapie mußte daher solange ein praktisch kaum verwertbares Pharmakon bleiben, wie eine verläßliche Methode der Dosierung nicht gefunden war.

Alle in der Praxis bekannten Dosimeter verwerten zur Messung der Dosis nur physikalische oder chemische Reaktionen, die unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen sich ergeben. Als grundlegend und richtungsgebend für die Strahlenmessung ist die Konstruktion des Radiochrometers durch *Holzknecht* 1901 (Prinzip: Verfärbung des Bariumplatincyanürs) mit der Einheit „H" anzusehen. 1904 bringen die Franzosen *Sabouraud* und *Noiré* ein neues Instrument, das X-Radiometer, heraus. Heute noch ist dieses sehr verbreitet. *Holzknecht* hat hierzu eine Vergleichsskala zur Verbesserung geschaffen, um Zwischenwerte ablesen zu können. Der Vergleich verfärbter Tabletten mit dieser Skala läßt je nach Verfärbung die Dosis in „H" Einheiten ablesen. Die Reaktion einer photographischen Emulsion baut 1904 *Kienböck* zu einem brauchbaren Verfahren um in Gestalt seines Quantimeters. Je nach Schwärzungsgraden unterscheidet seine Skala Stufen von 0—10. Eine Stufe bezeichnet *Kienböck* mit 1 „X". Auf die Einheit „H" bezogen, bedeuten 5 „H" = 10 „X", entsprechend einer Volldosis nach *Sabouraud* und *Noiré*.

In der modernen Tiefentherapie sind indessen diese photochemi-

schen Dosierapparate fast vollkommen durch elektrometrische Meßmethoden ersetzt worden, die feinere Grade in der Messung gestatten, da individuelle Täuschungen hier ausgeschlossen sind. Das „Jontoquantimeter" stellt hier nach einer Verbesserung durch *Seitz* und *Wintz* 1914 eines der gebräuchlichsten Dosimeter dar. Um die gleiche Zeit erschien das Selen-Intensimeter von *Fürstenau,* nachdem bereits 1908 *Athanasiadeses* vergebens versucht hatte, die Selenzellen zur Konstruktion eines Radiometers zu verwenden.

Meßinstrumente, die auf der Ionisationsmethode beruhen, sind alle neueren Datums. Neben dem Jontoquantimeter (1914) seien hier nur das Jonimeter von *Martius* und *Grebe* (1921) und der Siemens-Dosimeter nach *Lerthes* (1922) angeführt.

Erwähnenswert sind auch die Versuche, andere biologische Testobjekte für die Dosierung heranzuziehen. *Meyer* und *Ritter* beschäftigen sich z. B. mit der Aufstellung der „Mausdosis", *Jüngling* sucht durch Bestrahlung der Keimlinge der Pferdebohne, *Holthusen* und *Perthes* durch solche an Askariseiern zum Ziele zu kommen.

Da es sich bei der Strahlentherapie aber um Wirkungen am lebenden Körper handelt, verzichten *Seitz* und *Wintz* 1920 auf die physikalisch-chemisch definierten Meßeinheiten und führen die „Hauteinheitsdosis" = 1 HED. in die Therapie ein, nachdem vorher *Krönig* und *Friedrich* die „Erythemdosis" = ED. angegeben hatten. Als 1 HED. wird diejenige Strahlenqualität bezeichnet, die auf der gesunden menschlichen Haut nach 8—14 Tagen eine leichte Rötung (Erythem = Reaktion 1. Grades) und nach vier Wochen eine leichte Bräunung verursacht. Da diese Dosimetrie sich jedoch als etwas zu variabel zeigte und eine ziemliche Verwirrung durch die verschiedenen Dosimeterangaben bestand, wählte der Standardausschuß der DRG. später als Einheit die unter einwandfreien physikalischen Bedingungen von *Behnken* aufgestellte Röntgen-Einheit. Diese ist folgendermaßen formuliert: „Diese absolute Einheit der Röntgenstrahlendosis wird von der Röntgenstrahlenenergiemenge geliefert, die bei der Bestrahlung von 1 cbcm Luft und von 18° C Temperatur und 760 mm Hg. Luftdruck bei voller Ausnutzung der in der Luft gebildeten Elektronen und bei Ausschal-

tungen von Wandwirkungen eine so starke Leitfähigkeit erzeugt, daß die bei Sättigungsstrom gemessene Elektrizitätsmenge eine elektrostatische Einheit beträgt. Die Einheit wird „1 Röntgen" genannt und mit „R" bezeichnet." Da sich nach vielen Versuchen ein Mittelwert von 580 „R" für 1 HED. errechnen ließ, schlugen *Grebe* und *Martius* vor, als „mittlere Gebrauchs-Erythemdosis" eine Strahlenmenge zu verwenden, welche 600 „R" entsprechen würde.

Die „R"-Einheiten der einzelnen Institute, welche einer HED. entsprechen, variieren trotz alledem heute noch in weiten Grenzen. Es ist daher erklärlich, daß die Dosierung in der biologischen Einheit der HED. immer noch mehr als die Angaben in „R"-Einheiten benützt werden.

Auch bei den Erkrankungen, die den Zahnarzt interessieren, ist für die therapeutische Röntgenstrahlenanwendung eine gewisse Bestrahlungstechnik erforderlich, die oft wegen der erwähnten komplizierten Verhältnisse nicht nur Übung und Kenntnisse, sondern auch Beachtung der sehr verschieden radiosensiblen, dicht zusammenliegenden Gewebsarten voraussetzt. Von der Art der jeweiligen Erkrankung ist vor der Röntgenbestrahlung eine bestimmte Vorbehandlung abhängig zu machen. Zur Lokalisation der Strahleneinwirkung und gleichzeitig zum Schutze der Umgebung ist entweder eine Abdeckung mit Bleigummischutzstoff mit entsprechendem Ausschnitt, ein Bleiglastubus oder ein Spezialtubus notwendig. Der Querschnitt eines solchen kreis- oder ellipsenförmigen Tubus ist verschieden angegeben und dabei oft die Unzweckmäßigkeit eines zu kleinen Einfallsfeldes betont worden. Im allgemeinen wird die Bestrahlung im interessierenden Spezialfalle mit harter Filterung (3—5 mm Al, 0,5—1 mm Zn oder Cu) vorgenommen. Die Feldeinstellung wird auf den kranken Apex gerichtet und nach Möglichkeit eine Bestrahlung durch die äußere Haut vermieden. Neben der Filterung ist für eine gute prozentuale Tiefendosis der FAH. (Fokushautabstand) von großer Wichtigkeit. Bei den bisher beschriebenen Bestrahlungsmethoden für Granulome schwankt er zwischen 16 bis 36 cm. Es ist selbstverständlich, daß eine Vergrößerung des Fokushautabstandes eine verlängerte Bestrahlungszeit erfordert.

Über Strahlenschädigung der Zähne berichtet besonders *Leist, Godthardt, Herold, Jüngling, Smith, Richard, M. Lüdin* und *O. Müller.*

Leist gebührt das Verdienst, die Veränderungen am wachsenden Zahn und Kieferknochen durch Röntgenbestrahlung klar herausgearbeitet zu haben. Zu diesem Zwecke unternahm er Versuche an jungen Hunden mit hohen Dosen. An Hand von einigen Röntgenaufnahmen der betreffenden Hundekiefer gibt *Leist* ein klares Bild der Wachstumshemmung. Immer fand er den röhrennahen Kiefer einige Zeit nach der Bestrahlung kleiner als den röhrenfernen und beide wieder kleiner als die Kiefer des Kontrolltieres.

Ebenso verhält es sich mit den Zähnen, bei denen sich jedoch die Wachstumshemmung besonders auf die Wurzeln erstreckt. Bei einzelnen Zähnen, die offenbar einer besonders starken Bestrahlung ausgesetzt waren, stellte er den Wachstumsstillstand — wohl infolge gänzlichen Aufhörens der Odontoblastentätigkeit — und Ausfall der Zähne fest, den er auf eine Schädigung des Periodontiums und des Processus alveolaris zurückführt.

Im März 1924 zeigte *Leist* einen Fall in der Wiener zahnärztlichen Gesellschaft, welcher dazu anregte, das Problem zu studieren, ob es einen Pulpentod als Ausdruck einer Röntgenschädigung gibt oder nicht. Die Anamnese des Patienten ist folgende: Er trat im Juli 1921 in die Röntgenfabrik Radion ein. Dort hatte er die Prüfstelle inne, das heißt er prüfte und trainierte täglich acht Stunden Röntgenröhren, und zwar gemischt, harte und weiche. Er war wohl durch Bleiwände bis zum Kopf geschützt, aber an einer Stelle reichte die Bleiwand nur bis zum Kinn und dort pflegte der Patient, das Kinn an die Wand anlehnend und den ganzen Kopf den Strahlen preisgebend, die Röhren zu beobachten. Auch pflegte er neben dem Bleifenster, welches zum Schutz des Kopfes diente, vorbeizuschauen und setzte sich täglich wiederholt ganz den Strahlen aus, indem er sich in den Raum begab, wo die Röhren aufgestellt

waren und stundenlang funktionierten. — Nach einem halben Jahr dieser Tätigkeit magerte der Patient gewaltig ab, litt an Müdigkeit und ein Symptom, welches an die Röntgenschädigung gemahnte, war, daß dem Patienten beim Kämmen die Haare massenhaft ausgingen. Am meisten aber belästigten ihn seine Zahnbeschwerden. Der Patient, der sich kaum erinnern konnte, an Zahnschmerzen gelitten zu haben, und der bis dahin eine geschlossene und intakte Zahnreihe gehabt hatte, bekam plötzlich im Januar 1922 eine Schwellung über dem 2 mit Fistelbildung, ohne daß der Patient irgendwelche pulpitische Erscheinungen vorher gehabt hätte. — 2 wurde von einem Zahnarzt trepaniert, Eiter entleert und es trat Besserung ein. Der Zahn wurde wurzelbehandelt und gefüllt. Während der Wurzelbehandlung des 2 erkrankte 1 an Periostitis, ebenfalls ohne vorangegangene Pulpitis. Es wurde trepaniert. Bald darauf brach der Zahn ab, und, da Einlagen nicht vertragen wurden, wurde er im April 1922 extrahiert. Im August 1922, ein Jahr nach dem Eintritt in die Fabrik, trat über 3 eine Schwellung auf, wieder ohne antizedierende Pulpitis. Der Zahn wurde trepaniert. Da Einlagen nicht vertragen wurden, wurde er auch extrahiert. Anfangs 1923 bekam der Patient Schmerzen und eine Schwellung im 6 ohne vorausgegangene Pulpitis. Nach Trepanation ließen die Schmerzen nach. Nun hatte der Patient zwei Lücken im Oberkiefer, entsprechend 1 und 3. Im Unterkiefer waren von 7, 6, 5 nur die Wurzeln vorhanden. 6, 7 die einzigen Zähne des Patienten, die von früher Füllungen trugen, verloren nämlich dieselben während der Tätigkeit des Patienten in der Fabrik und die Zahnkronen brachen ab. Auch bezüglich dieser Zähne kann sich Patient an keine pulpitischen Erscheinungen erinnern.

Auf Grund dieser Anamnese und dieses Befundes wurden Vitalitäts-Prüfung sämtlicher Zähne vorgenommen. Das Resultat war folgendes: Es waren bei schwachem faradischen Strom 12 äußerlich intakte Zähne unempfindlich, bei mittelstarkem faradischen Strom 11 intakte Zähne unempfindlich. — Dieser Befund war auffällig. Er legte den Schluß nahe, daß hier eine Noxe vorgelegen habe, welche in verhältnismäßig kurzer Zeit in einem zu Karies nicht

disponiertem Gebiß (der Patient ist 24 Jahre alt, ist also auch dem Alter nach über die Zeit der Disposition zu akuter Karies hinaus) zu multiplen Pulpenschädigungen führte und zwar nicht in Form von Pulpitis, sondern in Form nicht entzündlichen, degenerativen Zerfalls der Pulpa. In der nekrotischen Pulpa kam es hinterher offenbar zur Infektion (Periostitis), sei es nun, daß die Infektion auf dem Blutwege oder durch einen Schmelzdefekt erfolgt ist. Es war am naheliegendsten, an einen Pulpentod durch Röntgenschädigung zu denken. Dagegen wurde von röntgenologischer Seite eingewendet, daß für den Fall diese Annahme zutrifft, die Haut eingewendet, daß, für den Fall diese Annahme zutrifft, die Haut hätte geschädigt werden müssen, ebenso die drüsigen Elemente der Schleimhaut, die Submaxillardrüsen und Parotis.

Zur Klärung der Frage wurde das Tierexperiment herangezogen. Die Resultate jedoch zeigten fast eindeutig, daß es eine Röntgenschädigung der Pulpa gibt.

Kurz eine Mitteilung der ersten Befunde:

Es wurden acht Ratten bestrahlt. Der Körper wurde mit Bleiplatten gedeckt, so daß nur der Kopf freiblieb. Die Strahlung war gegen die Vorderfläche des Kopfes gerichtet, also Stirn und Schnauze. — Fokushautabstand 28 cm, Spannung 120 KV., Stromstärke 3 MA. — Fünf Ratten wurden nur mit 15 Holzknecht-Einheiten (H) ohne Filterung bestrahlt, das ist der höchsten im Zentralröntgeninstitut (Professor *Holzknecht)* verwendeten Dosis.

Gruppe I.

Ratte	Nr. 1	1 mal	15 H							
„	„ 2	4 „	15 H	in	der	Zeit	vom	26. 4.	bis	7. 5.
„	„ 3	4 „	15 H	„	„	„	„	26. 4.	„	7. 6.
„	„ 4	5 „	15 H	„	„	„	„	26. 4.	„	14. 6.
„	„ 5	6 „	15 H	„	„	„	„	26. 4.	„	31. 5.

Gruppe II.

Ratte Nr. 6: acht Bestrahlungen und zwar fünfmal je 1×5 H und dreimal 15 H in der Zeit vom 3. 5. bis 21. 6.

Ratte Nr. 7: neun Bestrahlungen und zwar sechsmal 1×5 H und dreimal 15 H in der Zeit vom 3. 5. bis 27. 6.

Gruppe III.

Ratte Nr. 8: neunmal, 1×5 H in der Zeit vom 3. 5. bis 27. 6.

In allen Fällen ergab sich bei der histologischen Untersuchung ein charakteristischer Befund. Im Gegensatz zum Kontrolltier und dem Bilde anderer normaler Rattenzähne sieht man in den Präparaten der bestrahlten Nagezähne nischenförmige Einbuchtungen, die sich von der Pulpa in das Dentin erstrecken. Einer dünnen Dentinschicht liegt eine oft dickere Dentinoidschicht auf, an die sich die starke degenerierte Odontoblastenschichte anschließt. Zwischen der Dentin- und der Dentinoidschichte findet man in der Regel eine Reihe von degenerierten Odontoblasten, die fast in geschlossenem Zuge die Dentinschicht von der Dentinoidschichte trennt. Auffällig ist die unregelmäßige Kontur des Dentins im Bereiche der Einbuchtungen.

Am Schmelz ebenso wie an den Schmelzzellen konnten nicht die geringsten Abweichungen von der Norm festgestellt werden. Die Odontoblasten werden geschädigt und zwar trifft die Schädigung offenbar die Odontoblasten am zentralen Ende des Zahnes und bewirkt eine Verminderung des Dicken- und Längenwachstums. Die Verminderung des Dickwachstums äußert sich derart, daß die Odontoblasten im Anfang trotz der Strahlenwirkung noch imstande sind, eine dünne Dentinschicht von, mikrometrisch gemessen, 0,012 bis 0,024 mm zu bilden, dann aber die Produktion von Dentin ganz einstellen oder nur eine Dentinoidschichte bilden. Nach dem auffälligen Befund einer degenerierten Odontoblastenreihe zwischen Dentin und Dentinoid ist der Vorgang offenbar so zu verstehen, daß nach der Bildung der dünnen Dentinzone ein Teil der Odontoblasten zugrunde geht, die überlebenden noch die Verkalkung des bereits gebildeten Dentins vermitteln und darüber hinaus eine Dentinoidschicht bilden, um dann auch zugrunde zu gehen. Die Schädigung des Längenwachstums ist daran zu erkennen, daß die Distanz zwischen den einzelnen Dentinnischen gegen das Ende des Zahnes

immer kleiner wird, obwohl der Zeitabstand zwischen zentrale und den einzelnen Bestrahlungen der gleiche geblieben ist.

Interessant ist die Tatsache, daß an den übrigen Zahngeweben, besonders den Ameloblasten, keinerlei Schädigung morphologisch wahrnehmbar ist. Es scheint, als ob von den Gewebselementen durch Röntgenstrahlen elektiv betroffen werden. Der Befund: Schädigung der Odontoblasten und Intaktbleiben der Ameloblasten stimmt gut überein mit den Angaben von *Ranzi* und *Salis*, nach welchen die Röntgenschädigung der epithelialen Gebilde der Mundhöhle (Submaxillaris, Parotis) viel geringer ist, als die mesodermalen (Lymphdrüsen). Die mesodermalen Odontoblasten werden geschädigt, die ektodermalen Odontoblasten bleiben intakt.

Nach *Leist*'s Zusammenfassung bewirkt starke Bestrahlung der noch Milchzähne tragenden Kiefer junger Hunde Verlängerung des Durchbruchs bleibender Zähne, Verringerung des Wachstums derselben, vor allem der Wurzeln, Verminderung des Kieferwachstums, Lockerung und Ausfall einzelner bleibender Zähne und geringe Stellungsanomalien.

Auch von anderen Autoren wie *Recamier*, *Bergmann*, *Försterling* wurden Wachstumsstörungen an den Kiefern junger Tiere beobachtet.

Dasselbe Verhalten kann man wohl auch vom menschlichen Gebiß annehmen, wenn auch die Beobachtungen etwas lückenhaft sind.

Gotthard beobachtete (1919) folgenden Fall, der sich durch Vielheit der Veränderungen auszeichnet und zugleich ein Beispiel für die perkutane Strahlenwirkung ist:

Bei einer Patientin, die wegen Schwellung der Lymphoglandulae submaxillaris mit Röntgenstrahlen behandelt wurde, trat nach fünf Bestrahlungsserien von je 1 HED. eine harte Infiltration beider Unterkiefergegenden auf. Es handelte sich sicher um ein chronisch indurierendes Hautödem, den schon 130 % der HED. genügen, um diese Erscheinung auszulösen. *(Flascamp.)* Damals war dieses Krankheitsbild noch nicht bekannt, und es wurden infolge der Fehldiagnose Sklerodermie bzw. chronische Halsphlegmone weitere hohe

Dosen angewandt, wobei die Patientin bei normalem Erythem der äußeren Haut über Schmerzen und Trockenheit im Mund klagte, worauf bald das Zahnfleisch ulcerierte. — Die Zähne fielen in großem Umfange der Karies anheim, besonders stark betroffen waren die des Unterkiefers, wo nur teilweise noch Zahnreste vorhanden waren. Ein besonders charakteristisches Bild boten die noch vorhandenen Zähne dadurch, daß der Schmelz vollständig verloren ging. Soweit die Pulpen nicht der Karies zum Opfer gefallen waren, reagierten sie in normaler Weise auf alle Reize.

Die direkten Veränderungen an den Hartsubstanzen der Mundhöhle, Kieferknochen und Zähnen, beziehen sich weniger auf die voll ausgebildeten Organe, als vielmehr auf die Fruchtschädigung der graviden Mutter, sowie die am wachsenden Kiefer und Gebiß auftretenden Störungen durch zu hohe Strahlendosen. — Bei den Fruchtschädigungen treten die Veränderungen des Kopfes der sogenannten „Röntgenkinder" besonders stark in den Vordergrund. Es zeigen sich an derartigen zurückgebliebenen Kindern auch Erscheinungen an Kiefer und Zähnen.

Zappert stellte an Hand von 21 aus der Literatur bekannten Fällen von Fruchtschädigung bei Bestrahlung im zweiten bis dritten Monat Zahn- und Kieferveränderungen fest. Die Veränderungen bestehen in Verzögerung des Kieferwachstums und verspäteten Zahndurchbruchs.

Leist untersuchte sechs typische Fälle dieser Art, wobei er Gelegenheit hatte, in einigen Fällen mehrere Nachkontrollen vorzunehmen, wie bereits erwähnt. Nach Lupusbestrahlungen wurde mehrfach bei jüngeren Individuen ein Zurückbleiben der bestrahlten Gesichtshälfte, insbesondere der Kieferknochen und Zähne beobachtet (*Walter, Hann* u. a.). *Heyn* untersuchte bei einer derartigen Wachstumsstörung der Kiefer eines kleinen Kindes die Strahlenwirkung auf den fertigen Zahn und stellte reticuläre Atrophie der Pulpa desselben fest. — *Leist* fand bei histologischen Untersuchungen der Hundezahnpulpen vakuoläre Degeneration der Odontoblastenschicht und beginnende reticuläre Atrophie der Pulpa. Weiter berichtet er, daß die Knochentrabekel verschmälert er-

scheinen und das Mark eine mehr fibröse Struktur mit wenig Gefäßen, ähnlich dem senilen Mark aufweist. Die *Sharpey*'schen Fasern des Periodontiums sind vermindert und scheinen aufgelockert.

Smith konnte bei seinen Bestrahlungsversuchen an jungen Ratten die Untersuchungen von *Leist* bestätigen. Von sechs Tieren desselben Wurfs wurden fünf den Versuchen unterzogen, das sechste als Kontrolltier blieb unbestrahlt. Zwischen letzteren und dem Tier mit längster Bestrahlung, allerdings mit kleinen Röntgendosen, war weder an den Hart- noch Weichgebilden des Zahnes ein Unterschied zu finden. *Smith* schließt daraus, daß die für das entsprechende Individuum unter Berücksichtigung des Lebensalters verwandte Normaldosis keine Schäden am Zahnsystem verursachte.

Herold teilt nach einem kurzen Überblick über die bisherige Literatur der Röntgenschädigungen an Kiefer und Zähnen seine Untersuchungen an Hunden mit, die mit hohen Dosen bestrahlt wurden. Außer einer Entwicklungshemmung des ganzen Individuums, insbesondere der Kiefer der bestrahlten Seite, konnte er Zerstörung und Persistieren der Milchzähne sowie mangelhaften Durchbruch der bleibenden Zähne auf der bestrahlten Seite feststellen.

Am Zahne selbst konnte starke Bindegewebsvermehrung im Pericdontium und Verbreiterung des Periodontalraumes sowie Resorptionen an der Wurzelspitze und im Alveolarknochen beobachtet werden.

Die Pulpa zeigte erweiterte Gefäße, sowie Mehrschichtigkeit der Odontoblasten, deren regelmäßige Anordnung undeutlich wird. Die Dentingrenze ist wellig und die dentinogeme Zone erscheint verbreitert. *Herold* weist darauf hin, daß möglicherweise die Schädigung der mitbestrahlten Hypophyse erst sekundär die Schäden an den Zähnen hervorgerufen haben.

Die von *Leist* an Menschen durchgeführten Vitalitätsprüfungen nach Bestrahlung brachten kein positives Ergebnis. Es ist dies dadurch erklärlich, daß die Nervenfasern erst in letzter Linie durch Röntgenstrahlen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, während eine Schädigung der übrigen Gewebsbestandteile der Pulpa schon

eingetreten sein kann. Bei herabgesetzter Vitalität kann man also auf eine Röntgenschädigung schließen, niemals jedoch bei voll erhaltener eine solche ausschließen.

Wie aus *Gotthardt*'s Fall hervorgeht, haben wir trotz der außergewöhnlich hohen Dosen keine Herabsetzung der Vitalität, trotzdem eine Pulpenschädigung als sicher anzunehmen ist. — Die große Kariesanfälligkeit und das Verlorengehen des Schmelzes sind nicht allein auf Strahlenwirkung zurückzuführen, sondern auch auf Versiegen des Speichelflusses. Dies Verhalten der Zähne beim Krankheitsbild der Xerostomie ist bekannt und wird als „galoppierende Karies" bezeichnet. *Leist* konnte jedoch hypermentell trotz Xerostomie nie einen Schmelzdefekt erzielen, sondern nur eine Schädigung der Odontoblasten. — Wachstumshemmend wirken nach *Flaskamp* Dosen von 25—50 % HED.

Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf Zähne und Kiefer liegen bisher keine systematischen Untersuchungen vor. Die spärlichen Berichte, die in dieses Gebiet einschlagen, betreffen Fälle von Schädigungen der Zähne bzw. der Kiefer durch übermäßig starke Bestrahlungen oder als Folge gewerblicher Beschäftigung. So publizierte *Gotthardt* einen Fall, bei welchem wegen tuberkulösen Halsdrüsen im Laufe von 21 Monaten 21 HED. zinkgefiltert und 4 HED. aluminiumgefiltert verabreicht wurden, worauf es zur Bildung eines chronisch indurierenden Hautödems und einer Art Sklerodermie der Unterkiefergegend, ferner Heiserkeit, Trockenheit und Ulcerationen auf der Mundschleimhaut kam. Die Zähne des Oberkiefers und vor allem des Unterkiefers waren sieben Monate nach der letzten Bestrahlung mehr oder weniger vollkommen zerstört. „Die Schädigung erscheint vor allen Dingen dadurch charakterisiert, daß die Zähne des Schmelzes beraubt sind." Doch lehnt *Gotthardt* die Möglichkeit einer primären Schädigung der schmelzbildenden Ameloblasten ab, ebenso die der zahnsteinbildenden Odontoblasten, weil eine Schädigung der letzteren nicht zum Abfall des Schmelzes führen könne. Eher hält er eine sekundäre Schädigung infolge mangelnden Speichelflusses und der dadurch bedingten abnormen chemischen

bzw. bakteriellen Zusammensetzung für möglich. Doch befriedigt ihn auch diese Erklärung nicht, weil darnach die Schädigung alle Zähne gleichmäßig hätte treffen müssen, es seien aber jene Zähne am meisten geschädigt gewesen, welche den Strahlungen am stärksten ausgesetzt waren. Auf Grund der experimentellen und histologischen Untersuchungen kann festgestellt werden, daß auch bei Verabreichung sehr hoher Dosen niemals eine Schädigung des Schmelzes bzw. der Ameloblasten beobachtet werden kann, auch nicht bei gleichzeitig bestehendem Fehlen des Speichelflusses. Auch ist nicht bekannt, daß bei Patienten, die infolge Röntgenbestrahlungen der Speicheldrüsen an fehlendem Speichelfluß leiden, der Schmelz der Zähne abgefallen wäre. Dagegen konnten immer wieder Schädigungen der Odontoblasten und der Pulpa beobachtet werden.

Stark teilt einen Fall mit, bei welchem er zwecks Beseitigung eines Frauenbartes die Ober- und Unterlippe in $1^1/_2$ Jahren von beiden Seiten mit je 5 HED. bestrahlte. $1^1/_2$ Jahre später kam es zu einer teilweisen Nekrose des Mittelteils des Processus alveol., dann Lockerung und Ausfall der Frontzähne, samt einigen Knochenbälkchen.

In beiden letztgenannten Fällen wird als auslösendes Moment für die Nekrose des röntgengeschädigten Knochens eine Infektion von den Zähnen her in Betracht gezogen. *Jüngling* hält eine durch die Bestrahlung hervorgerufene rapide Zahnkaries, *Stark* das mit Zahnstein behaftete Paradentium als Infektionsquelle für möglich.

Jüngst machte *Hoffmann* auf einige Fälle von gewerblichen Kieferschädigungen durch radioaktive Substanzen aufmerksam. Bei zwölf Arbeiterinnen einer amerikanischen Uhrenfabrik, welche die Zifferblätter mit einer aus Zn. SO. 4, Radium, Mesothor und Radiothor bestehenden Leuchtfarbe bemalten, den dazu verwendeten Pinsel mit den Lippen spitzten und dadurch fortgesetzt kleinste Mengen radioaktiver Substanz in die Mundhöhle brachten, kam es nach 3—7 Jahren zu Nekrosen der Alveolarwände. Lockerung und Ausfall der Zähne, schließlich zur Totalnekrose des Kiefers.

Récamiers Versuche zeigten, daß die Zähne an röntgenbestrahlten jüngeren Tieren kleiner waren, deren Form aber gewahrt blieb.

Erwachsene Tiere zeigten keine Veränderungen. Er konnte weiter bei jugendlichen Tieren eine Atrophie der betreffenden Gesichtsseite hervorrufen.

Stark und *Margaroni* beschrieben einen Fall, der durch den bedauernswerten Endzustand Gegenstand forensischer Erörterungen geworden ist und bei dem die Leipziger Klinik als Gutachter herangezogen wurde. — Die Patientin Lina B., 42 Jahre alt, litt an übermäßigem Haarwuchs vor dem Ohr, an Oberlippe, sowie Kinngegend. Bei diesem, jeder anderen Behandlungsart trotzenden, überaus hartnäckigem Zustande wurden im Krankenhaus in W. Röntgenstrahlen vom Juni 1920 bis Frühjahr 1921 zur Anwendung gebracht. Die Belastung betrug je zwei Felder beiderseits der Unterlippe, Oberlippe und des Kinns, insgesamt in 18 Monaten 500 % HED. 1921 stellten sich die ersten deutlichen Symptome einer Schädigung ein in Form von Schmerzen im Zahnfleisch, Zähnen, Mundschleimhaut und Kinngegend in Begleitung einer deutlichen Rötung der in dem Anwendungsgebiet liegenden Hautpartien. Bis zum Februar 1923 kam es unter „Längerwerden der Zähne" zum Ausfall der unteren Incisivi sowie Canini, nachdem sie sich vorher gleich den oberen schwarz verfärbt hatten. — In der Münchner Zahnklinik extrahierte B. nun eine Anzahl restierender Wurzelstümpfe und entfernte einen Teil des nekrotischen, noch nicht demarkierten Knochens. Ende 1923 schritt die Nekrose des Knochens fort und führte zur Spontanfraktur der Mandibula, nachdem nach der Zahnentfernung der Knochen in immer größerer Ausdehnung seiner Integrementsbedeckung beraubt worden war.

Im Anschluß hieran möchte ich noch einige Fälle bringen, bei denen Ausfall von Zähnen und Knochenveränderungen im Vordergrund stehen.

Rayher beschreibt aus der Linser'schen Klinik folgenden Fall: Die Patientin S. A. wurde wegen eines ausgedehnten Lupus vulgaris, der am Munde ulceriert war, mit Röntgen bestrahlt. Erst ein zweiter Versuch einer plastischen Deckung des Defektes ist von Erfolg begleitet. Am 4. Juli 1924 folgt eine Radiumbestrahlung. An Oberlippe und Mundwinkeln kommt es zur Ausbildung eines

Röntgenulcus. Beide mittleren oberen Incisionen sind stark gelockert und werden am 29. Februar 1920 entfernt. Am 11. November 1920 ist es zum Ausfall der oberen Incision gekommen. — Ein ähnlicher Fall wird von *Rayher* aus der Perthe'schen Klinik beschrieben: Fräulein S. wird wegen starker Hyperstrichosis im Gesicht mit Röntgen bestrahlt. Es tritt Röntgenkater, Schwellung der Zunge mit begleitender starker Salivation ein. 14 Tage nach der Bestrahlung kommt es zur Bildung eines starken Erythems und durch die sich einstellende Trockenheit im Munde erleidet die Patientin durch Appetitlosigkeit einen beträchtlichen Gewichtsverlust. Patientin klagt über heftiges Brennen im Munde, es ist eine starke Rötung und Zahnbelag festzustellen. Die Zähne sind zum Teil gelockert und besonders die untere Front von Karies stark befallen, hauptsächlich die Molaren an der bukkalen Seite. Nach Sanierung der gelockerten Zähne. Für Röntgenschädigung spricht der Kater und die Speicheldrüsenreaktion, sowie das Auftreten der Karies an erfahrungsgemäß resistenten Zahngruppen und deren Lokalisation an den Bukkalflächen der Molaren, also an Stellen, die der Strahlenwirkung besonders ausgesetzt war *(Rayher)*. Allem Anschein nach hat es sich hier um eine direkte Strahlenwirkung gehandelt. Es ist daher die Theorie einer Schädigung, die sekundäre Einflüsse wie sie *Gotthardt* gibt, wenig wahrscheinlich.

Lahm fordert, daß die Einzeldosis von 100 % HZD. nicht überschritten werden darf und mindestens halbjährige Intervalle einzubehalten sind, will man nicht unangenehme Spätschädigungen erleben.

Der Ausfall der Zähne ist wahrscheinlich auf eine Schädigung des Halteapparates zurückzuführen. Für die Zahnschädigung ist eine Odontoblastendegeneration verantwortlich zu machen. Diese Erklärung befriedigt jedoch nicht restlos, da damit noch nicht die Kariesfrequenz und der Verlust des Schmelzes geklärt wird. Es ist daher anzunehmen, daß Veränderungen in den Zahnsubstanzen selbst neben sekundären Einflüssen dafür heranzuziehen sind.

Der Zahnausfall bei der als Röntgenspätschädigung auftretenden

Kiefernekrose wird als sekundäre Erscheinung aufgefaßt, bei welcher der Zahn selbst primär durch die Strahlen nicht beschädigt sein soll.

Am wachsenden Gebiß ist der Effekt der Röntgen- und Radiumstrahlen durch Tierexperimente und durch eine klinische Erfahrung festgestellt.

Die tierexperimentelle Untersuchungen über die Röntgenstrahleneinwirkung auf den wachsenden Kiefer und auf die Zahnentwicklung

Recamier	1906	*Leist*	1925/1926
Herold	1931	*Smith*	1931

ergaben: Peristieren der Milchzähne, verlangsamten und mangelhaften Durchbruch, Wachstumsstillstand, geringe Stellungsanomalien, Lockerung und Ausfall der bleibenden Zähne.

Die histologischen Befunde *(Leist, Herold)* zeigten eine Schädigung der Odontoblasten der Keimzone mit konsekutiver Störung der Dentinbildung, unregelmäßiger Anordnung der Odontoblasten, wellige Dentingrenze, Dentinnischen, verbreiterte dentinogene Zone.

Die einzige klinische Beobachtung über Röntgenschädigung des wachsenden Zahnes, die sich im Schrifttum vorfindet, betrifft ein von *Herbst* untersuchtes neunjähriges Kind mit zwerghaften Prämolaren, bei welchem im Alter von vier Jahren nach Röntgenstrahlenüberdosierung eine Verbrennung der Oberlippe aufgetreten war, so daß eine Lippenplastik ausgeführt werden mußte. Da die Keime der Prämolaren im Alter von vier Jahren anfangen zu ossifizieren, nimmt *Herbst* an, daß die zu starke Röntgenbestrahlung die Ursache der Keimstörung der Prämolaren wurde, welche in dieser Zeit im Beginne der Ossifikationsperiode standen.

Über Röntgenschädigung am fertigen Zahn des Erwachsenen liegen bis jetzt nur zwei Mitteilungen von *Leist* und von *Gotthardt* vor.

Im folgenden wird ein Fall berichtet, bei welchem nach protrahiert-fraktionierter Röntgenbestrahlung Zahnveränderungen auftraten, die äußerlich ganz dem von *Gotthardt* beschriebenen Bilde

glichen, und bei welchem (außerdem zum erstenmal) die histologische Untersuchung der beschädigten Zähne durchgeführt wurde.

Wegen Oberkiefertumor wurde der 45jährige Patient X. im Institut Y. mit protrahiert-fraktionierter Röntgenbestrahlung behandelt, wobei im Verlaufe von vier Wochen in 40 Sitzungen auf drei Felder — vorn, seitlich und hinten — im ganzen 6990 r appliziert wurden. Im Verlaufe der Bestrahlung stellten sich die üblichen Folgeerscheinungen — Epidermitis, Exsudativa, Mukositis, mangelhafte Speichelsekretion — ein. Drei Monate nach Abschluß der Bestrahlung trat eine hochgradige Veränderung der im Strahlenbereich lokalisierten Zähne auf. Die Kronen werden weich, bröckelig, die aus dem Zahnfleisch hervorragenden Zahnstummel sind braun verfärbt, zeigen flächenhafte Schmelzdefekte, zum Teil ist überhaupt kein Schmelz mehr erkennbar. Die Wurzeln sitzen fest im Kiefer, die extrahierten Zähne zeigen folgenden Befund: Flächenartige Schmelzdefekte; das Dentin ist dunkelbraun verfärbt, größere Dentinpartien sind so erweicht, daß sie mit dem Excavator weggeschabt werden können bis zu einer gewissen Tiefe; darunter befindet sich wiederum zartes Zahnbein. Die Röntgenaufnahme des Kiefers zeigt normale Knochenstruktur.

Bei der histologischen Untersuchung zeigen das Zement des Zahnes und der weichen Gewebe, Pulpa und Wurzelhaut, Veränderungen, ebenso die am Zahn vor der Bestrahlung bereits vorhandenen Kariesherde. Im histologischen Bild sehen wir eine bis heute noch nie beschriebene eigenartige Verbreiterung des Kariesherdes. Der mehr punktförmig und in die Tiefe gehende ursprüngliche Herd breitet sich flächenartig aus, so daß die ganze Krone befallen sein kann. Man stellt im Präparat verschiedene lamellenartig angeordnete Zonen fest, deren Tiefe genau begrenzt ist und eine regelmäßige Anordnung zeigt, während der ursprüngliche Kariesherd ganz unregelmäßig in das Dentin hinein sich entwickelt. Die Pulpa erleidet insofern Veränderungen, als sie die bekannten degenerativen Erscheinungen, jedoch in sehr ungewohntem Maße zeigt.

Das Gewebe der Pulpa degeneriert im Sinne einer regressiven Metamorphose. Die Odontoblasten gehen unter dem Bilde der

Vakuolendegeneration zugrunde und verschwinden meistens ganz. Die Pulpa wandelt sich in ein fibrilläres Bindegewebe um, das ganz unregelmäßig Hartsubstanz bildet und zapfenförmig an das Dentin anlagert. Wir können auch eine resorptive Tätigkeit feststellen, indem Partien der Dentinwände zur Resorption kommen und der Wurzelkanal dadurch erweitert wird. In der Pulpa treten neben diesen Veränderungen ebenfalls Verkalkungen auf, die sehr zahlreich sein können.

Am Foramen apicale steht das Pulpagewebe mit dem Periodontium, der Wurzelhaut, in Verbindung. Diese zeigt insofern auch manchmal Veränderungen, als sie die Zementsubstanz der Zahnoberfläche in resorptiver Weise abzubauen vermag. Die Wurzeln der Zähne sehen angenagt aus. Ob eine Reparation durch sekundär gebildetes Zement erfolgt, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Diese Verhältnisse im periapikalen Gewebe sind bis heute nur bei lokaler oder allgemeiner Infektion beschrieben worden. Es fällt auf, daß sich die Veränderungen der Pulpakammer und im Wurzelkanal in Bezug auf die festgestellte Hartsubstanzbildung immer nur an der einen Kanalwand vorfinden. Ob dies der bestrahlten Seite entspricht, kann nachträglich schwer festgestellt werden.

Leist bemerkt, daß an der konvexen Seite der oberen Backennagezähne sich die histologischen Veränderungen am deutlichsten gezeigt hätten, daß diese Partie allerdings auch zuerst der Bestrahlung ausgesetzt gewesen sei.

Die Veränderungen der Zähne dieses Patienten zeigen makroskopisch eine große Ähnlichkeit mit dem Bilde, wie es im Falle von *Gotthardt* vorhanden war.

Mikroskopisch stimmen die Resultate zurzeit überein mit dem Resultat, das *Leist* durch experimentelle Bestrahlung am Rattenzahn erzeugen konnte.

Abgesehen von den Ergebnissen der Tierversuche von *Leist* und *Herold* lassen somit die Fälle von *Gotthardt* und *Leist* und die von *Lüdin* und *Müller* die Gefahr einer Zahnschädigung durch Röntgenstrahleneinwirkung zweifellos erkennen. Für die Röntgentherapie

ergibt sich daraus die Folgerung, daß die Zähne durch geeignete intra- oder extrabukkale Abdeckung geschützt werden müssen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß in der Pulpa und dem Periodontium der Zähne histologisch erkennbare Veränderungen festgestellt werden können und daß die Karies der Zähne sich in bisher unbekannter Art flächenhaft ausbreitet.

Die histologischen Untersuchungen über durch Strahlen geschädigte Zähne zeigten folgendes:

Es wurden Ratten bestrahlt und zwar wurden Ratten bestrahlt und unter Abdeckung des Rumpfes gegen die Schnauze Dosen von 15 H. ungefiltert verabreicht. Der Effekt war, daß die Odontoblasten der Keimschicht des immer wachsenden Nagezahnes schwer geschädigt wurden. Sie stellten auf die Bestrahlung hin jedesmal die Dentinbildung fast ein und so kam es, daß man im mikroskopischen Bild nischenförmige Einbuchtungen sieht, die sich von der Pulpa ins Dentin erstrecken. In diesen Dentinnischen liegen degenerierte Odontoblasten, zum großen Teil sind sie überhaupt verschwunden. Das Längen- und Dickenwachstum des Jahres nahm ab. Eine Dentinnische konnte auch bei einer Ratte beobachtet werden, die innerhalb acht Wochen neunmal mit 1,5 H. ungefiltert bestrahlt worden war. Am Schmelz und an den Schmelzzellen, sowie am Zement und den Zementzellen konnten keinerlei Veränderungen wahrgenommen werden. Die Schädigung der Odontoblasten war wohl eine schwere, war aber nie so stark, daß sie das Zahnwachstum sistiert hätte. Ja, in den zwischen den einzelnen Bestrahlungen nachgewachsenen Zahnteilen ist morphologisch an den Odontoblasten nichts pathologisches zu bemerken. Etwas anders liegen die Verhältnisse beim wachsenden Zahn des Hundes. Bei diesem zeigte sich auf Bestrahlung mit starken Dosen (30—45 H.) ungefiltert in $2^1/_2$ Monaten Hemmung des Wachstums der Zahnkrone und insbesondere der Wurzel. Dann hat man ein Zurückbleiben im Wachstum der Zähne der röhrennahen Kieferhälfte gegenüber denen der röhrenfernen. — Noch größer ist der Unterschied gegenüber den Zähnen des Kontrolltieres zu finden. In den bestrahlten Zähnen sind die Odontoblasten an Zahl geringer, bilden nicht wie normal einen

regelmäßigen, dichten Saum zwischen Dentin und Pulpa, ihre Form ist vielfach verändert, die Kerne geschrumpft, liegen wirr durcheinander.

Zwischen ihnen sieht man ein Netzwerk von Fäden. Das ist das Vorstadium der reticulären Pulpenatrophie. Bei einigen Zähnen (Prämolaren), welche offenbar von der Strahlung besonders stark in Mitleidenschaft gezogen wurden, sistierte das Wurzelwachstum, die Odontoblasten konnten sich hier nicht mehr erholen, die Zähne wurden locker und fielen aus.

Makroskopisch sieht man, daß der Knochen der röhrennahen Seite schmäler ist, als der der röhrenfernen und noch mehr, als der des Kontrolltieres.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß es

1. bei Applikation einer Röntgendosis von 15 H. bei den Ratten zu einer Röntgenschädigung der Odontoblasten kommt, welche sich in einer Unterbrechung der Dentinbildung (Dentinnischen) und Abnahme des Zahnlängenwachstums äußert.
2. Bei Applikation einer Röntgendosis von 1×5 H. ist die Röntgenschädigung viel geringgradiger.
3. Die Schädigung der Odontoblasten erfolgt, ohne daß an den übrigen Zahngeweben morphologische Veränderungen wahrgenommen werden können.

Literatur-Angabe

Glocker: Die physiologischen und biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen, Ref. Misch. Fortschr. 1930. S. 635. Med. Welt 1929, Nr. 27.

Gotthardt: Zahnschädigungen nach Röntgenstrahlen. Verh. der Deutschen Röntgen-Ges. 1922. Fortschr. a. d. Geb. der Röntgenstrahlen, Bd. 30, Kongr. Heft.

Herold, K.: Röntgenstrahlenwirkung auf den wachsenden Hundkiefer. Deutsche Monatschr. Zahnheilkunde 49, S. 97, 1931.

Holthusen: Die biologische Dosierung in der Strahlentherapie der einzelnen Gewebe. Strahlenempfindlichkeit der normalen und pathologischen Gewebe. Handbuch Lazarus 1931, S. 4.

Holthusen und Braun: Grundlagen und Praxis der Röntgenstrahlendosierung. Verlag Thieme 1933.

Jüngling: Röntgenbehandlung chirurgischer Krankheiten. Leipzig 1924. Strahlentherapie 8 15, 1923, Nr. 1.

Flaskamp: Über Röntgenschäden und Schäden durch Radioaktive Substanzen. 1930.

Leist, M.: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf die 2. Dentition. Z. Stomat. H. 5, 452—460, 1926.

Leist, M.: Über Röntgenschädigungen der Zähne. Z. Stomat. 23, Nr. 9, 797, 1925.

Leist, M.: Odontologischer Befund bei 6 Kindern von intragravidaten mit Röntgenstrahlen bezw. Radium bestrahlten Mütter. Z. Stomat. 24, H. 5, 448—542, 1926.

Leist, M.: Strahlentherapie. Bd. 22, 1926, Nr. 3.
Strahlentherapie. Bd. 24, 1927, Nr. 2.
Zeitschr. f. Stomatologie. Bd. 23, 1925, Nr. 9.
Zeitschr. f. Stomatologie. Bd. 24, 1926, Nr. 5, 10.

Margaronis: Die durch Röntgenstrahlen entstandenen Knochenschädigungen. Med. Diss. Leipzig 1928.

Misch: Fortschr. d. Z. 2, S. 299, 1926.
Fortschr. d. Z. 3, S. 299, 1927.

Lüdin, May und Müller, O.: Zahnveränderung nach protrahiert-fraktionierter Röntgenbestrahlung. Strahlentherapie Bd. 56, 1936.

Perthes: Über Visierlappenplastik und über Spätnekrose des Knochengewebes infolge Röntgenbestrahlung. Archiv f. klin. Chirurgie, Bd. 127, S. 165.

Recamiér: Strahlenwirkung auf die Entwicklung des Knochens: Archiv d'élektr. médizin 1906.

Rüffel, W.: Schweizer Med. Wochenschr. 1933.

Rahm: Spätnekrose der Mandibula nach Röntgenstrahlen. Strahlentherapie 1927, S. 338.

Rayher: Röntgenschädigungen, die für den Zahnarzt von Interesse sind. Diss. Tübingen 1923.

Richtlinien über die Aufgabe der Röntgendiagnostik. Röntgenpraxis Januar 1935, 7. Jahrg.

Smith, Richard: The effect of Roentgen rays on the developing teeth of rats. Röntgenstrahlenwirkung auf die Entwicklung von Rattenzähnen. Rexearch. Dep. Northwestern Univ. Dent. School Chicago.

Stark: Strahlentherapie 1924, 16, S. 600.

Walkhoff: Zit. nach Port und Fuler. Lehrbuch der Zahnheilkunde München 1920. Bergmann.

Wilkens: Wirkungen der Röntgenstrahlen auf Zahn und Kiefer. Fortschr. der Zahnheilkunde 1932, S. 316, H. 1—3.

Thümmel: Über medikamentöse und Röntgenschädigungen in der zahnärztlichen Praxis.

Zappert: Wiener klin. Wochenschr. 1925, Nr. 12 und 24.

Lebenslauf

Am 16. März 1912 wurde ich Otto Adam als Sohn des Gastwirts Simon Adam zu Rastatt i. B. geboren. Daselbst besuchte ich die Volksschule und die Oberealschule, wo ich am 15. März 1933 das Abitur ablegte. Hierauf ging ich zum freiwilligen Werkhalbjahr im Arbeitsdienstlager Marienburg am Hafen und anschließend zur Geländesportschule der N.S.D.A.P. in Stuhm Wpr.

Ab 1. November 1933 studierte ich in München Zahnheilkunde und legte am 14. Mai 1937 daselbst meine Staatsprüfung als Zahnarzt ab.